



УДК 551.481.1 (476)

Моделирование процессов эвтрофирования водоема при садковом содержании форели (на примере озера Слидец)

Власов Б.П., Рудаковский И.А.

Научно-исследовательская лаборатория озераведения БГУ

Петрова М.И.

РУП "Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования природных ресурсов"

E-mail: vlasov@bsu.by

Modeling of alake eutrophication under trout's fish-ponds effect (lake slidets as an Example)

This article is dedicated to the problem of lakes eutrophication under fish-farming effect. Lake Slidets are used as an example. Calculation of the nutrient loads (internal and external) has been made. Nutrient loads are caused fish-farming has been estimate as well. Critical load has been determined by Vollenweider's model. A model of the lake eutrophication under the influence of 1, 5, 10, 20 ton of trout has been produced. Corresponding conclusion has been presented.

Озера Беларуси играют большую природоохранную и народнохозяйственную роль. Основное количество озерных водоемов используются либо потенциально могут быть использованы в рыбохозяйственных целях. Данный вид эксплуатации водоема подразумевает их использование для целей рыбного промысла, водообеспечения рыбоводных хозяйств, развития любительского рыболовства, а также для рыборазведения. Большое значение, в последнем случае, имеет интродукция и акклиматизация хозяйственно-ценных видов рыб [1].

Озера Беларуси в своем большинстве характеризуется достаточно высоким качеством вод, в основном соответствующим нормативам, установленным для водоемов рыбохозяйственного назначения. Однако некоторые хозяйственно-ценные виды рыб требуют воды особенно высокого качества. Так среди обследованных озер в Беларуси только около 8 % являются потенциально пригодными для разведения радужной форели. Для большинства водоемов ограничения связаны с повышенным содержанием в их водах органических веществ и некоторых биогенных элементов, дефицитом кислорода в придонных слоях и, в ряде случаев, повышенным содержанием хлоридов.

Однако, необходимо учитывать и некоторые негативные последствия для экосистем озер, возникающие в результате интенсивного использования озер для рыборазведения, и в первую очередь это связано с возможным искусственным эвтрофированием озер при содержании рыбы в садках, в результате поступление фосфора с кормами, а также с продуктами жизнедеятельности рыб [2].

Основным условием в минимизации этого негативного процесса является согласование объемов выращивания рыбы с допустимой и критической фосфорной нагрузкой на водоем, которая, в соответствии с моделью Р. Фолленвайдера [3], зависит от скорости водообмена озера и его средней глубины. Проведенные расчеты показали, что около 50 % белорусских озер характеризуются достаточно высокой допустимой фосфорной нагрузкой и могут потенциально быть использованы для содержания рыбы. При этом к каждому озеру необходимо подходить индивидуально, учитывать и уже существующую нагрузку на водоем, связанную с особенностями хозяйствования в пределах его водосбора. Таким образом, моделирование фосфорной нагрузки в зависимости от современного и планируемого хозяйственного использования озера и его водосбора, является обязательной процедурой, позволяющей предотвратить антропогенное эвтрофирование водоема и сохранить высокое качество вод.

В качестве примера моделирования фосфорной нагрузки для определения допустимых объемов выращивания рыбы без ущерба для окружающей среды и возможного ухудшения качества вод было выбрано озеро Слидец, расположенное в Чашникском районе Витебской области, в 10 км к югу от г. Чашники [4, 5]. Водоем планируется использовать для садкового содержания форели в летний период.

По совокупности морфометрических и гидрохимических показателей в соответствии с классификацией [1], озеро относится к слабоэвтрофным неглубоким водоемам с малой площадью. Водосбор (площадь 8 км²) слабохолмистый, сложен моренными суглинками, лесопокрытые территории занимают 45%, остальную часть занимают сельхозугодья, занятые многолетними травами [4, 5].



Биогенная нагрузка на водоем складывается из внешней нагрузки, обусловленной структурными особенностями водосбора, выпадениями в составе атмосферных осадков, и внутренней, связанной с поступлением фосфора из донных отложений. Результаты расчетов внешней нагрузки на озеро Слудец представлены в таблице 1. Вынос биогенных элементов с водосбора озера в естественных условиях формирования стока, а также в составе атмосферных осадков рассчитывались на основании результатов экспериментальных исследований [6].

Таблица 1

Внешняя нагрузка на озеро Слудец

Показатель	Источники поступления		
	Лес и закустаренный лес	Сельхозугодья (многолетние травы)	Атмосферные осадки
Вынос фосфора, кг	1,9	67,1	9,9
Нагрузка, гР/м ²	0,003	0,122	0,018

Существенную роль в антропогенном эвтрофировании играют донные отложения и, прежде всего, благодаря своей способности влиять на накопление в водоемах биогенных элементов. При определении внутренней фосфорной нагрузки на озеро Слудец использован простейший из модельных методов - метод эмпирических зависимостей между внешней и внутренней нагрузкой [7]. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Биогенная нагрузка на озеро Слудец (при отсутствии рыбных садков)

Показатель	Биогенная нагрузка, гР/м ²		
Нагрузка, гР/м ²	Внешняя	Внутренняя	Суммарная
	0,14	0,07	0,21

Расчет поступления биогенных веществ в озеро в составе искусственных кормов и с продуктами жизнедеятельности рыб проводился на основании [8, 9]. Так, согласно вышеуказанным методикам, от 1 тонны товарной форели, при выращивании в замкнутых установках, в сутки поступает 0,65 кг фосфатов, 1 кг азота аммонийного и 0,96 кг азота нитратного.

При принятом периоде содержания товарной форели равном 150 суток, представляется возможным рассчитать массу поступивших в водоем эвтрофирующих веществ в зависимости от количества содержащейся в садках рыбы. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Поступление эвтрофирующих веществ в озеро при выращивании различных объемов форели в течение 150 суток

Показатели	1 т форели	5 т форели	10 т форели	20 т форели
P-PO ₄	97,5	487,5	975,0	1950,0
NH ₄ -NH ₃ -N	150,0	750,0	1500,0	3000,0
NO ₃	14,4	72,0	144,0	288,0

Увеличение внешней фосфорной нагрузки неминуемо вызывает также и повышение внутренней, а также суммарной нагрузки на водоем. Результаты расчетов внутренней, внешней, суммарной фосфорной нагрузки при выращивании 1, 5, 10 и 20 т форели, а также при отсутствии рыбы в садках приведены в таблице 4.



Таблица 4

Нагрузка фосфором на водоем при выращивании различных объемов форели в течение 150 суток

Масса форели	Внешняя нагрузка, гР/м ²	Внутренняя нагрузка, гР/м ²	Суммарная нагрузка, гР/м ²	Допустимая нагрузка, гР/м ²	Критическая нагрузка, гР/м ²
без форели	0,14	0,07	0,21	0,18	0,36
1 т форели	0,32	0,11	0,43		
5 т форели	1,03	0,18	1,21		
10 т форели	1,92	0,51	2,43		
20 т форели	3,69	1,46	5,15		

Из приведенных выше расчетов видно, что в результате выращивания даже одной тонны форели в течение 150 дней, фосфорная нагрузка на озеро Слидец превысит критическую. В результате разведения 5 тонн форели превышение фосфорная нагрузка превысит допустимую почти в 3,5 раз, при разведении 10 т - в 6,7 раз, а при разведении 20 т - более чем в 14 раз, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 - Взаимосвязь между фактической и критической фосфорной нагрузкой на озеро и уровнем его трофии

Таким образом, содержание форели в садках при запланированной мощности в озере Слидец вызовет резкое повышение реальной фосфорной нагрузки на водоем (как внутренней, так и внешней), что вызовет интенсификацию процесса антропогенного эвтрофирования водоема и смены его трофического статуса от слабоэвтрофного к эвтрофному и гипертрофному в зависимости от степени нагрузки. Снизить биогенную нагрузку можно сокращением объема или время содержания форели выращиваемой в садках. Расчеты показывают что для предотвращения катастрофических изменений экосистемы озера Слидец, рекомендуемый в качестве эксперимента объем содержания форели не должен превышать 5 тонн и сроков содержания 90 суток. Но оптимальными объектами для развития интенсивного рыборазведения являются озера устойчивые к изменению внешней нагрузки и высокими характеристиками водообмена.



Список использованных источников

1. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменение, прогноз. - Мн.: БГУ, 2004. - 207 с.
2. Россолимо Л. Л. Изменение лимнических систем под воздействием антропогенного фактора. М., "Наука", 1977 - 144 с.
3. Vollenweider R. A. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology // Schweiz. Z. Hydrol, №37, Ch 8, 9. - PP. 53-84.
4. Блакітны скарб Беларусі: Рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / Маст.: Ю. А. Тарэеў, У.Ш. Цярэнцьеў-Мн.: БелЭн, 2007.-480с.: іл. 239, схем 321.
5. Озера Белоруссии Якушко О.Ф., Мысливец И.А., Рачевский А.Н., Богдель И.И., Власов Б.П. и др. - Мн.: Ураджай, 1988. - 216 с.
6. Романов В. П. Формирование стока биогенных веществ в малые озера из рассеянных источников (на примере Белорусского Поозерья) Дисс. канд. геогр. наук. - Мн., 1985 - 152 с.
7. Мартынова М. В. О роли донных отложений в эвтрофировании водоемов: обмен соединениями азота и фосфора между донными отложениями и водой // Водные ресурсы. - 1988, №4. - С. 85-95.
8. Рыбоводно-биологические нормативы по выращиванию карпа, форели в установках с замкнутым циклом водообеспечения. М., ВНИИПРХ, 1985.,
9. Стефенс В. Индустриальные методы выращивания рыбы. М., Агропромиздат, 1985